Arbeit aus dem Institut für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften an der Universität Berlin.
Direktor: Prof. Dr. Dr. Paul Diepgen

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie in seiner Auswirkung auf die Physiologie in Deutschland

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Medizinischen Doktorgrades

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

RUDOLF CIERPKA

aus Berlin

Tag der Promotion: 20. Februar 1941

Buchdruckerei Franz Linke, Berlin NW 7, Marienstr. 13

M 415

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz

Referent: Prof. Dr. Dr. Diepgen

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie in seiner Auswirkung auf die Physiologie in Deutschland.

Auf einer Reise nach Java, die er im Jahre 1840 als Schiffsarzt auf einem holländischen Schiff unternahm, kamen Robert Mayer die ersten Ideen, die zur Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft (Energie) führten. Im Jahr 1842 wurde die erste grundlegende Arbeit[1]) geschrieben und von Liebig in den Annalen der Chemie und Pharmazie abgedruckt. 1845 folgte eine zweite Schrift „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel"[2]), in deren zweiten Teil Mayer Folgerungen zog, die sich für die Physiologie aus dem Gesetz der Erhaltung der Kraft ergaben, nachdem er im ersten Teil die hierfür nötige Klarheit auf anorganischem Gebiete geschaffen hatte[3]).

Das Gesetz selbst besagt kurz folgendes: Zwischen Wärme und Arbeit bestehen engste Beziehungen. Wärme läßt sich in Arbeit umwandeln und aus Arbeit Wärme erzeugen, beide stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander (mechanisches Wärme-Aequivalent). Dieses ermöglicht uns, zu berechnen, wieviel Arbeit wir aus einer bestimmten Wärmemenge und umgekehrt erhalten können.

Die Körper ändern ihr Verhältnis zueinander. Dies geschieht nicht ohne Ursache. Diese Ursache nennen wir Kraft. Eine Kraft kann nie verschwinden, als Ursache muß sie immer

1) Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur, in: Ann. Chem. Pharmazie. 1842. S. 233—240.

2) Heilbronn 1845.

3) Eine gute Zusammenfassung und Erklärung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft sowie die Lebensgeschichte Mayers finden wir bei Hell, Bernhard: Robert Mayer und das Gesetz von der Erhaltung der Energie, Stuttgart, 1925. Neuere Literatur über Robert Mayer: 1. Lippelmann, Paul: Das Gesetz von der Erhaltung der Energie und die verschiedenen Auffassungen von der Wechselbeziehung zwischen Leib und Seele. Philos. Jb. Görresges., Bd. 37 (1924), S. 28—56. 2. Sarton, G.: The discovery of the law of conservation of energy. Bruges 1929. 3. Matschoss, Conrad: Julius Robert Mayer. Deutsches Museum Nr. 4 (1939), S. 1—18. 4. Meissner, W.: Die wissenschaftlichen Leistungen Robert Mayers. Deutsches Museum Nr. 4 (1939), S. 19—25. 5. Mittasch, A.: Auslösungskausalität: ein vergessenes Kapitel Robert Mayer? Umschau 43 (1939), S. 1114—1116. 6. Mittasch, A.: Robert Mayers Lehre über das Wirken in der Natur. Forsch. u. Fortsch., Bd. 16 (1940), S. 178—180. 7. Mittasch, A.: Julius Robert Mayers Kausalbegriff. Berlin 1940.

weiter wirken. Kräfte sind unzerstörbare, wandelbare, imponderable Objekte. In der Arbeit von 1845 lesen wir, daß es in Wahrheit nur eine Kraft gebe, die allerdings in verschiedenen Modifikationen auftreten könne. In der toten wie in der lebenden Natur kreise diese Kraft in ewigem Wechsel. Dort und hier kein Vorgang ohne Formveränderung der Kraft. Die Bewegung ist eine Kraft. Die Wärme ist eine Kraft. Gleiche Mengen von Brennmaterialien geben unter gleichen Umständen gleiche Wärmemengen.

Die beiden Schriften Mayers wurden nach ihrem Erscheinen fast gar nicht beachtet. Für die Schrift von 1842 liegt eine Beurteilung von Pfaff vor[4])[5]). Die Arbeit von 1845 wurde 1846 und 1847 kurz in zwei Zeitungen[6]) erwähnt. Eine recht gute Besprechung, die in Weyrauchs biographischen Arbeiten über Robert Mayer nicht erwähnt wird, findet sich in den Jahresberichten über die Fortschritte in der Biologie für das Jahr 1845[7]), die 1846 erschienen. Auf Einzelheiten wird darin allerdings verzichtet, „da die ununterbrochenen Betrachtungen und Berechnungen, welche der Verfasser gibt, keines gedrängten Auszuges fähig sind".

Da die beiden Schriften Mayers außer der oben erwähnten keinerlei weiterer Beachtung gewürdigt wurden, konnten Folgerungen auf Physik, Chemie und andere Gebiete der Naturwissenschaften nicht erwartet werden. Die Bedeutung des neu gefundenen Naturgesetzes war nicht erkannt.

Im Jahre 1847 erschien von H. v. Helmholtz eine Schrift: „Die Erhaltung der Kraft"[8]), in der dieser ohne Kenntnis der auf diesem Gebiet schon vorhandenen Arbeiten Mayers das Gesetz noch einmal entdeckte und es in mathematischer Hinsicht ausbaute. Diese Arbeit erst setzte sich durch und veranlaßte über die Physik, zu deren Arbeitsgebiet das Gesetz von der Erhaltung der Kraft in erster Linie gehört, eine allge-

---

4) Pfaff, Ch. H.: Parallele der chemischen Theorie und der Voltaschen Kontakttheorie der galvanischen Kette, mit besonderer Rücksicht auf die neuesten Einwürfe Faradays, Leopold Gmelins und Schönbeins gegen letztere nebst allgemeinen Betrachtungen über das Wesen einer physischen Kraft und ihrer Thätigkeit. Kiel 1845.

5) Ich folge hierin den biographischen Arbeiten von J. J. Weyrauch: Die Mechanik der Wärme, und: Kleinere Schriften und Briefe. Beide Stuttgart 1893 (dritte Auflage).

6) Neue medizinische chirurgische Zeitung Nr. 24 vom 26. 6. 1847, S. 333 bis 335 und Allgmeine medizinische Centralzeitung XVI. Jahrgang 59. Stück vom 28. 7. 1847.

7) Canstatts Jber. 1845 S. 170.

8) Berlin 1847.

meinere Kenntnis und damit gleichzeitig ein Durchdenken der Folgerungen, die dieses Gesetz für viele Gebiete der Naturwissenschaft brachte.

Erst später häuften sich die Hinweise und Urteile über die gewaltige Bedeutung des Gesetzes, das nicht nur für die Physik, sondern beispielsweise auch für Chemie und Medizin seine Gültigkeit erwies. Als Teilgebiet der Medizin ist es die Physiologie, die besonders durch das Gesetz gefördert und entwickelt wurde.

Urteile über die Bedeutung des Gesetzes für die Entwicklung der Physiologie.

Das Urteil einer späteren Zeit über den Wert des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft ist einmütig und soll an einigen Beispielen kurz gezeigt werden:

An den Anfang möchte ich ein Wort von Bischoff[9]) (1858) setzen, der das Gesetz nicht nennt, aber doch Bezug darauf nimmt. Bischoff führte an, daß in der Physiologie durch die Arbeiten von Müller, Weber, Volkmann und in letzter Zeit Ludwig, Helmholtz, Brücke, du Bois eine physikalische Schule entwickelt wurde, welche sowohl die Grundsätze der Physik, ihre Prinzipien über Kraft und Materie und Kausalität der Erscheinungen, als auch die einzelnen Lehren mit den glänzendsten Erfolgen in Anwendung zu setzen versucht hat.

Julius Bernstein[10]) (1881) nennt das Gesetz zur Erhaltung der Kraft eines der zwei fundamentalsten Prinzipien, welche für die Erhebung der Physiologie auf den heutigen Standpunkt von großer Bedeutung geworden sind und es für ihre weitere Entwicklung noch sein werden. Das Gesetz habe dem wissenschaftlichen Geist jene Ruhe und Sicherheit der Betrachtung gegeben, mit welcher wir jetzt an die Probleme der Lebenserscheinungen herangehen dürfen. Im Sinne dieses Gesetzes ausgebeutet, liefere die physikalische und chemische Untersuchungsmethode der Physiologie auf allen ihren Gebieten ein reiches Material, das die Lebensprozesse unserem Verständnis immer mehr zugängig machen werde. An anderer Stelle[11])

9) Bischoff, Th. L. W.: Festrede für Johannes Müller. München 1858, S. 18.
10) Bernstein, Julius: Entwicklung und Standpunkt der Physiologie, Rede zur Eröffnung des neuen physiologischen Instituts der Universität Halle am 3. 11. 1881.
11) Bernstein, Julius: Ueber die Kräfte der lebenden Materie. Halle 1888. S. 3 und S. 8.

(1888) schreibt Bernstein, daß die Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft für die Tätigkeit der lebendigen Welt uns das Recht gebe, alle objektiven Vorgänge in den Organismen nach mechanischen Gesetzen für erklärbar zu halten. Ausgeschlossen bleibe allerdings alles, was mit den Erscheinungen der Empfindung[12]) und des Bewußtseins einherginge. Das Gesetz habe die Beziehungen des Stoffwechsels zum Kraftwechsel der Organismen unserem Verständnis offenbart.

Ostwald schreibt[13]) (1895): „Die hoffnungsvollste wissenschaftliche Gabe, die das scheidende Jahrhundert dem aufdämmernden reichen kann, ist der Ersatz der mechanischen Weltanschauung durch die energetische."

Als Mayer vor 53 Jahren zuerst die Aequivalenz der verschiedenen Naturkräfte, oder, wie wir heute sagen, der verschiedenen Energieformen, entdeckte, habe er bereits einen wesentlichen Schritt in der entscheidenden Richtung getan.

Bei Büchner[14]) (1898) lesen wir, daß die Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Energie alsbald für alle Kräfte in der Natur ohne Ausnahme festgestellt und damit die Einheit und Ewigkeit der Bewegungen nachgewiesen wurde. Das Prinzip sei jetzt gewissermaßen zum Angelstern geworden, nach welchem jeder Naturforscher seinen Kurs zu richten habe.

Klemperer[15]) (1900) sagt, daß dadurch, daß wir gelernt haben, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft auch auf die Leistungen des tierischen Stoffwechsels anzuwenden, wir zu einer besseren Würdigung der stickstoffreien Nahrungsmittel gelangt seien, als Liebig.

Kern[16]) (1899) schreibt, daß erst durch dieses Gesetz Einheit in die entdeckten Tatsachen der Naturwissenschaft gekommen sei. Auf Seite 59[16]) gibt er Aeußerungen von Helmholtz wieder über die Wirkungen seines Vortrages „Ueber die Erhaltung der Kraft", den dieser am 22. 7. 1847 auf einer Sitzung der Berliner physikalischen Gesellschaft gehalten hatte. Unter den Mitgliedern der Berliner Akademie sei es nur der

---

12) Eine genaue Zusammenfassung der energetischen Anschauungen im Hinblick auf die psychischen Vorgänge, von Weber, Fechner, Wundt, Preyer, Ostwald du Bois, Danilewski und vielen anderen finden wir in: von Bechterew „Die Energie des lebenden Organismus" (in: Grenzfragen des Nerven- und Seelenlebens von Löwenfeld und Kurella), Wiesbaden 1902.

13) Ostwald, W.: Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig 1895, S. 23.

14) Büchner, Ludwig: Am Sterbelager des Jahrhunderts. Gießen 1898. S. 26.

15) Klemperer, Georg: Justus v. Liebig und die Medizin. Berlin 1900. S. 20.

16) Kern, Georg: Die Heilkunde im 19. Jahrhundert. Berlin 1899.

Mathematiker C. J. G. Jacobi gewesen, der sich seiner annahm. In den Kreisen der Sachverständigen begegnete Helmholtz nur Widerstand. Die Aufnahme der Arbeit in Poggendorfs Annalen wurde ihm verweigert.

von Lippmann[17]) schreibt (1906): „In Wirklichkeit überragte Mayer, wie schon 1862 sein auf physikalischem Gebiete hervorragendster Förderer und Vorkämpfer Tyndall bewundernd hervorhob, seit jeher alle seine Zeitgenossen weitaus an Einsicht betreff der Bedeutung der neu erkannten Grundsätze für sämtliche Zweige der Physik, Chemie, Astronomie, Physiologie und so fort."

Bräunig[18]) (1907) schreibt: „Die Physik fand als den allgemeinen und letzten Ausdruck, als die schließliche Zusammenfassung aller Resultate jahrzehntelanger, mühsamer Arbeit das Gesetz von der Erhaltung der Kraft", das die Lebensvorgänge in Tieren und Pflanzen in einem ganz neuen Licht erscheinen läßt."

Ueber die Stellung der Physiologie äußert sich Thöle[19]) (1909) derart, daß die Physiologie nur ein Teil der Physik sei, „sie ist zu definieren, als die Physik der organischen Natur"[20]).

Gigon[21]) (1912) nennt, in Hinsicht auf Physiologie und Medizin, das Prinzip von der Erhaltung der Kraft dasjenige, welches unsere ganze moderne Forschung beherrsche.

Honigmann[22]) (1924) schreibt, daß die Doktrinen Robert Mayers (und Darwins) ihre Wellenkreise bis in die entferntesten Gebiete der Naturwissenschaft und des Denkens überhaupt warfen. Auch dorthin, wo sie zunächst nicht direkt anwendbar waren, wie in der Medizin.

Beginn und Folge der Verwendung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft in der Physiologie.

Die Entwicklung der Anwendung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf die Physiologie vollzog sich äußerst lang-

17) v. Lippmann, E. O.: Zum hundertjährigen Geburtstage Robert Mayers Chemikerztg. Nr. 30, (1914), S. 1213.
18) Bräunig, Carl: Mechanismus und Vitalismus in der Biologie des 19. Jahrhunderts. Leipzig 1907, S. 20.
19) Thöle, Fr.: Das vitalistisch-teleologische Denken in der heutigen Medizin. Stuttgart 1909.
20) a. a. O., S. 13.
21) Gigon, Alfred: Aus der Geschichte der Respiration und Ernährung, in Döderlein, Hildebrand, u. a. Sammlung klinischer Vorträge. Innere Medizin Nr. 211. Leipzig 1912. S. 8.
22) Honigmann, Georg: Das Wesen der Heilkunde. Leipzig 1924, S. 48.

sam und immer nur auf einzelnen Gebieten, obwohl die mechanistischen Anschauungen besonders Lotzes sicher einiges zum besseren und leichteren Verständnis bewirkt haben werden.

Mayer hatte im Aufsatz von 1845 ganz kurz ungefähr diese Folgerungen des Gesetzes für die Physiologie gezogen: Während der Lebensprozesse geht nur eine Umwandlung, nicht eine Erschaffung von Kraft vor sich (S. 40). Im Tierorganismus wird fortwährend eine Summe von chemischen Kräften aufgewendet. Höhere Verbindungen werden zu niedrigeren umgewandelt und als verbrannte Stoffe ausgeschieden. Die Größe dieser dadurch entstehenden Kraft, beziehungsweise Wärmemenge ist noch nicht genügend erforscht (S. 44). Bei der Produktion mechanischer Effekte wird gleichzeitig Wärme erzeugt. Die chemische Kraft der eingeführten Nahrungsmittel ist die Quelle von Bewegung und von Wärme (S. 45). Die Summe der produzierten physischen Kräfte ist gleich der Größe des gleichzeitig vor sich gehenden chemischen Prozesses. Die Ursache der tierischen Wärme ist ein chemischer Prozeß, speziell ein Oxydationsprozeß (S. 46). Je größer die Produktion mechanischer Kraft, um so kleiner die Wärmebildung (S. 50). Der Stoffwechsel ist die Ursache der Leistung (S. 53).

Weyrauch[23]) (1893) schreibt dazu: „In der Schrift von 1845 sind Konsequenzen für die Physiologie gezogen worden, welche von den Fachmännern wohl kaum mehr beanstandet werden."

Als Beispiel der Entwicklung der Physiologie bis zum Jahre 1845 möchte ich Vogt anführen[24]). Dieser schreibt: „Die Wärme ist auf das innigste mit dem Leben verbunden,"[25]) „im Körper verbrennt der Kohlenstoff und Wasserstoff auf Kosten des Sauerstoffs. Genügt die auf diese Weise entwickelte Wärme, um die Verluste des Körpers zu decken?"[26]) und weiter: „Man hat angenommen, daß die Verbrennung des Kohlenstoffs stets dieselbe Wärme erzeugen müsse, möge diese Verbrennung nun unmittelbar geschehen, oder aber durch verschieden graduierte Prozesse sich hindurchziehen,"[27]) „allein leider ist diese Annahme, deren Bestätigung von außerordentlichem Belange für

---

23) Weyrauch, J. J.: Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften von Robert Mayer. 3. Auflage. Stuttgart 1893. Vorwort S. 4.
24) Vogt, Karl: Physiologische Briefe. Stuttgart 1845.
25) a. a. O., S. 127.
26) a. a. O., S. 133.
27) a. a. O., S. 135.

die Physiologie sein würde, bis jetzt nur noch als Hypothese anzusehen"[28]).

Aehnlich auch Budge[29]) (1846): „Es gibt zwei Theorien über die Entstehung der Wärme. Die eine leitet sie von dem während der Ernährung stattfindenden chemischen Prozesse her und ist die am allgemeinsten angenommene, die andere von den Nerven. Letzteres kann aber auch mit einiger Sicherheit nicht mehr behauptet werden."

Valentin[30]) (1846) vergleicht den Körper mit einer Maschine, die physikalischer oder chemischer Anregung bedarf, um ihr Triebwerk in Tätigkeit zu halten. Die Kraftäußerungen des Körpers seien wahrscheinlich immer oder wenigstens größtenteils mit einem Stoffumsatz verknüpft.

Schloßberger[31]) (1846) sagt über das Atmen, daß es zwar für alle Klassen und Altersstufen der Tiere eine Tatsache sei, daß aber das Wie und Warum noch sehr weit von einer vollständigen Lösung entfernt sei.

Als 1847 Helmholtz das Gesetz von der Erhaltung der Kraft noch einmal entdeckte und es in eine mathematisch klare Form brachte, schrieb du Bois-Reymond darüber an Ludwig[32]): „Dieser (Helmholtz) hat eine Schrift geschrieben, die gar nicht genug zu rühmen ist: Die Erhaltung der Kraft. Es ist eine Auseinandersetzung des großen Prinzips von der Erhaltung der Kraft nebst Anwendung auf verschiedene Punkte der Naturwissenschaft: wenn ich frei meine Meinung sagen soll, so ist es diese, daß erst durch die Arbeit Helmholtz' .... die Physik zur Wissenschaft geworden, ein Ziel erhalten hat[33])."

Ein Jahr darauf (1848) gab du Bois-Reymond sein berühmtes Buch: „Untersuchungen über thierische Elektrizität" heraus[34]), dessen Vorarbeiten auf das Jahr 1842 zurückgehen. In der Vorrede setzt er sich ausführlich mit der Lebens-

---

28) a. a. O., S. 135.
29) Budge, Julius: Unsere Kenntnisse in der Nerven-Physiologie. In: Holscher, G. Ph. und Mühry, Adolf: Hannoversche Ann. ges. Heilk. N. F. 6. (1846). S. 288.
30) Valentin, Gabriel: Grundriß der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1846. S. 1.
31) Schloßberger: Die Lehre von den Beziehungen des Athmens zur Blutumwandlung. In: Roser und Wunderlich. Arch. physiol. Heilk. Jg. 5 (1846), S. 264.
32) Zwei große Naturforscher des 19 Jahrhunderts. Ein Briefwechsel zwischen E. du Bois-Reymond und Karl Ludwig herausgegeben von Estelle du Bois-Reymond. Leipzig 1927. Vorworte Anmerkungen und Register von Paul Diepgen. Brief vom 22. 10. 1847, S. 1—6.
33) a. a. O., S. 6.
34) Berlin 1848.

kraft auseinander. Er schreibt[35]), daß sich noch von einem dritten Standpunkt aus die Lehre von der Lebenskraft mit Erfolg angreifen lasse, nämlich dem Grundsatz von der Erhaltung der Kraft. Auf Seite XLV würdigt er Helmholtz und seine Entdeckung: „Nachdem S. Carnot zuerst die Betrachtung angestellt, daß es ungereimt scheine, anzunehmen, Kraft könne aus Nichts geschaffen werden, nachdem Clapeyron, Holtzmann, Neumann einzelne Anwendungen davon gemacht, hat sich neuerdings Helmholtz damit beschäftigt, diese Ansicht vollständig zu begründen[36]), sie auf alle Zweige der theoretischen Naturwissenschaft auszudehnen und ihr unermeßliches Gewicht, als eines obersten Führers beim Erforschen eines Zusammenhanges der natürlichen Erscheinungen, fühlbar zu machen. Das Ergebnis seiner tiefsinnigen Untersuchungen ist, daß „stets die Summe der vorhandenen lebendigen Spannkräfte constant sei."

du Bois-Reymond zieht daraus die Folgerung, „daß dereinst die Physiologie, ihr Sonderinteresse aufgebend, ganz aufgeht in die große starke Einheit der theoretischen Naturwissenschaften, ganz sich auflöst in organische Physik und Chemie."[37])

In einem Aufsatz in Rosers Archiv über Standpunkt und Aufgabe der Physiologie konnte Vierordt 1849 schreiben, daß eine Weiterentwicklung der Physiologie ohne Chemie und Physik nicht möglich sei.[38]) Die Physik sei eine exakte Wissenschaft geworden, die imstande sei, die Wirkungen durch das Maß der Ursachen zu bestimmen und umgekehrt aus der Größe der Effekte die Größe der Ursachen zu berechnen. Dieses müsse auch die Aufgabe der Physiologie werden.[39])

Dieser Aufsatz zeigt bereits, wenn auch ohne daß es genannt wird, Einflüsse des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft.

In Lotzes Buch[40]) findet sich noch keinerlei Erwähnung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft, auch keine Folgerung, die irgendwie auf eine Kenntnis des Gesetzes schließen läßt. Du Bois-Reymonds Arbeiten und damit auch das Gesetz der Erhaltung der Kraft waren Lotze dabei sicher bekannt. Er scheint die Bedeutung des letzteren damals noch

35) S. XLIV.
36) Robert Mayer wird hierbei nicht erwähnt.
37) a. a. O., S. L.
38) a. a. O., S. 301.
39) a. a. O., S. 306.
40) Lotze, Rudolf Hermann: Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens. Leipzig 1851.

nicht erfaßt zu haben, obwohl ein Verständnis desselben seinen ausgeprägt mechanistischen Anschauungen durchaus hätte leicht fallen müssen.

Unter dem Einfluß des Gesetzes der Erhaltung der Kraft schrieb Carl Ludwig sein Lehrbuch der Physiologie des Menschen[41]) (1852). Er verweist in seiner Einleitung dabei in einer Fußnote auf Helmholtz und sein Werk über die Erhaltung der Kraft.[42])

Ueber die Entstehung von Wärme bei chemischen Umsetzungen lesen wir[43]), „gleichgiltig wie die Alternative entschieden werden mag, so viel steht fest, daß die wärmeentwickelnden Umsetzungen immer nur infolge von wärmevernichtenden stattfinden können und daß niemals bei der ersten Umsetzung mehr Wärme entwickelt wird, als bei der zweiten verloren gegangen war". Seite 11 sagt er, daß Kraftentwicklung im Tier nur solange und in dem Umfange möglich sei, in welchem die chemische Umwandlung innerhalb desselben geschehe. Es sei die höchste Aufgabe physiologischer Forschung[44]), die Leistung als eine Form der sie erzeugenden Bedingungen aufzufassen.

Aber noch 1853 ist in dem, in diesem Jahre herausgegebenen vierten Band des Handwörterbuchs der Physiologie von Rudolph Wagner, erschienenen Artikel über tierische Wärme, der von Nasse geschrieben wurde, nichts über Helmholtz, Mayer und das Gesetz von der Erhaltung der Kraft gesagt.

Wie lebendig noch im Jahre 1853 der Streit zwischen Vitalisten und Mechanisten ist, können wir bei Kehrer[45]) erkennen. Dieser beantwortet die große Streitfrage, ob die Gesetze der anorganischen Natur auch für die organische gelten, dahin, daß zwar die Natur in den mannigfachsten Erscheinungen ganz bestimmte Gesetze und ein wunderbares Walten weniger Grundkräfte offenbare, daß man aber in eine trostlose Verwirrung gerate, wenn man versuche, die Gesetze der anorganischen Natur oder der Pflanzenwelt zur Erklärung der Phänomene des Tierkörpers oder sogar des Seelenlebens zu benutzen.

---

41) Heidelberg 1852.
42) a. a. O., Bd. 1, S. 9.
43) a. a. O., S. 6.
44) a. a. O., S. 12.
45) Kehrer, Friedrich: Das Blut in seinen krankhaften Verhältnissen. Gießen 1853 Vorwort, S. 3.

Ein Jahr später, 1854, erschien ein Aufsatz von Adolf Fick „Ueber thierische Wärme"[46]), in dem die Wärmebildung vollkommen unter dem Gesichtspunkt des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft betrachtet wurde. Fick erläutert hierbei in breiter Ausführung, anhand der Abhandlung von Helmholtz, die physikalische Vorstellung dieses Prinzips. Wir lesen[47]): „Die Kardinalfrage in der Lehre von der thierischen Wärme ist die nach der Erhaltung der Kraft."

Im selben Jahre hielt Helmholtz in Königsberg eine Rede: „Ueber die Wechselwirkungen der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik"[48]), in der er folgendes Bild vom Leben entwarf: Die Fortdauer des Lebens ist an die fortdauernde Aufnahme von Nahrungsmitteln gebunden. Diese sind verbrennliche Substanzen, welche, nachdem sie nach vollendeter Verdauung in die Blutmasse übergegangen sind, in den Lungen einer langsamen Verbrennung unterworfen werden und schließlich in dieselben Verbindungen mit dem Sauerstoff der Luft übergehen, wie sie bei einer Verbrennung im offenen Feuer entstehen würden.

Der Tierkörper unterscheidet sich also durch die Art, wie er Wärme und Kraft gewinnt, nicht von der Dampfmaschine. Er ist außerdem in der Wahl seines Brennmaterials beschränkter. Er muß ferner das leicht abnutzbare Material seiner Organe fortdauernd erneuern, und die dazu nötigen Stoffe von außen aufnehmen.

Woher kommen die Nahrungsmittel? Aus dem Pflanzenreich. Letzte Ursache ist das Sonnenlicht. Die Pflanzen bereiten Brennmaterial und Nährstoffe, die Tiere nehmen diese auf, verbrennen sie langsam in ihren Lungen, von den Verbrennungsprodukten wieder leben die Pflanzen. Diese sind eine ewige Quelle chemischer, jene mechanischer Kraftgrößen. Sollte die Verbindung beider mechanischer Reiche das Perpetuum mobile herstellen?" Soweit Helmholtz.

1856 beschäftigt sich Carl Ludwig[49]) schon eingehend mit den Forderungen des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft. Im Abschnitt über tierische Wärme schreibt er[50]): „Wenn nun

46) Fick, Adolf: in Henle und Pfeufer, Zeitschr. rationelle Med. N. F. B. 5. (1854) S. 148—179.
47) a. a. O., S. 151.
48) Helmholtz, Hermann v.: Vorträge und Reden. Braunschweig 1896. 4. Auflage. Bd. 1. S. 49–83.
49) Ludwig, Carl: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 2. Bd., Leipzig und Heidelberg 1856.
50) a. a. O., S. 467.

die Wärme eine Bewegung ist, so kann sie entsprechend dem von Helmholtz entwickelten Gesetz von der Erhaltung der Kraft nur dann entstehen, wenn ein wägbarer oder unwägbarer Körper seine Geschwindigkeit einbüßt, indem er sie auf den Lichtäther überträgt, oder wenn Spannkräfte als solche zum Verschwinden kommen."

Die einzige Quelle für die Wärme des menschlichen Körpers liegt für Ludwig in der langsamen Verbrennung, welcher seine organischen Bestandteile unterworfen sind.[51])

„Die Lehre von der Erhaltung der Kräfte drängt uns endlich noch zu der Annahme daß auch Wärme, gleichgiltig, ob sie latent oder frei war, verloren gehe durch die Erzeugung derjenigen Muskelkräfte, welche zu einer mechanischen Arbeit jenseits der Leibesgrenze verwendet werden. Für gewöhnlich mag dieser Verlust allerdings nicht sehr hoch anzuschlagen sein, da das mechanische Aequivalent der Wärme eine sehr beträchtliche Größe besitzt, oder besser gesagt, da mit einem geringen Aufwande an Wärme sehr viel mechanische Arbeit zu leisten ist."[52])

Justus von Liebig, der 1842 den ersten Aufsatz Mayers in den Annalen der Chemie und Pharmazie drucken ließ, widmete in der 4. Auflage seiner chemischen Briefe einen ganzen Brief, den 13., der Erhaltung der Kraft. Er schreibt[53]): „Eine richtigere Vorstellung über das Wesen der Naturkräfte, die wir einem Arzte Dr. Mayer in Heilbronn verdanken, und welche durch die sich daran knüpfenden Forschungen der ausgezeichneten Physiker und Mathematiker eine kaum geahnte Bedeutung und Wichtigkeit erlangte, brachte Licht in eine Menge bis dahin unverständlicher und unerklärbarer Vorgänge."

Weiter unten lesen wir[54]): „Es ist klar, der Stoffwechsel ist die Quelle der mechanischen Kraft im Körper." Erst im Jahre 1860 finden wir in einem Aufsatz von Carl Voit[55]) eine ausführlichere Würdigung und Stellungnahme zu den von Mayer 1845 aufgestellten physiologischen Folgerungen des

51) a. a. O., S. 468.
52) a. a. O., S. 474.
53) Liebig, Justus von: Chemische Briefe. 4. Auflage. Leipzig und Heidelberg 1859 S. 207 f).
54) a. a., S. 219.
55) Voit, Carl: Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel. Ein Beitrag zur Feststellung des Princips der Erhaltung der Kraft in den Organismen. München 1860.

Gesetzes der Erhaltung der Kraft als bei Liebig. Voit schreibt darin[56]), daß die unendlich wichtige Erkenntnis, daß niemals Kräfte von selbst entstehen oder spurlos verschwinden, zwar auch auf die Kräfte der organischen Materie übertragen worden sei, daß man aber nur selten die daran für das Tier sich knüpfenden Konsequenzen und die Gründe des Erscheinens von Kraftäußerungen eingehender besprochen habe. Viele Mediziner würden deshalb von diesem für das Verstehen der Prozesse im Körper so weittragenden Naturgesetz kaum mehr als den Namen kennen.

Vierordt[57]) (1861) nennt Mayer als den Entdecker des mechanischen Aequivalents der Wärme (S. 211). Er folgert aus diesem Gesetz, daß Wärme und Bewegung sich ineinander verwandeln. Die chemischen Prozesse seien die einzigen Wärmequellen und die Gesamtleistungen dieser Prozesse immer die gleichen.

Budge[58]) verweist (1862)[59]) ebenfalls darauf, daß Mayer zuerst nachwies, daß Wärme, welche gleichfalls nur als ein molekularer Bewegungszustand der Materie, also Kraft, zu betrachten sei, in mechanische Arbeit sich umsetze und umgekehrt. Die Wärmebildung sei von Zuführung von Sauerstoff und Brennmaterialien abhängig. Die Wärmebildung höre allerdings bei Nahrungsentzug nicht auf, da die Körperorgane selbst Material seien, das von Sauerstoff angegriffen werden könne.[60])

Mit entscheidend für die Anerkennung der Verdienste Mayers war Tyndall in England, der sich trotz des Widerstandes seiner Landsleute Thomson und Tait warm für Mayer einsetzte.

Im Handbuch der medizinischen Physik[61]) (1867) wünscht Wilhelm Wundt als eigentlichen und wahren Ausdruck des Prinzips der Erhaltung der Kraft den Satz zu sehen, daß nur die Summe der lebendigen und der Spannkräfte zusammengenommen unveränderlich sei.

Im Jahre 1865 erschien sein Lehrbuch der Physiologie[62]) des Menschen. Im Vorwort zur allgemeinen Physiologie schreibt er[63]), daß er in diesem Buch die Grundlagen einer organischen

56) a. a. O., S., 18.
57) Vierordt, Karl: Grundriß der Physiologie des Menschen. Tübingen 1861. S. 211.
58) Budge, Julius: Lehrbuch der speciellen Physiologie des Menschen. Leipzig 1862.
59) a. a. O., S. 362.
60) a. a. O., S. 469.
61) Erlangen 1867. S. 10.
62) Erlangen 1865.
63) a. a. O., S. 4.

Physik anzudeuten wünsche, deren Ausbau, wie er glaube, für die nächsten Jahrzehnte eine der wesentlichsten Aufgaben der Physiologie sein werde.

Auf Seite 126 ff. gibt W u n d t eine ausführliche Erklärung des Gesetzes der Erhaltung der Kraft. Er schreibt[64]) u. a.: „Es läßt sich bei allen Naturprozessen nachweisen, daß jeder Kräftewechsel nur in einem Uebergang von Spannkraft in lebendige Kraft und umgekehrt, oder auch in einem Uebergang der einzelnen Formen lebendiger Kraft ineinander besteht."

„Das Gesetz, daß Spannkraft und lebendige Kraft zusammengenommen immer konstant bleiben, bezeichnet man als Gesetz von der Erhaltung der Kraft."

„Die Formen lebendiger Kraft, die wir kennen, sind: Massenbewegung, Licht und Wärme, Elektrizität. Sämtliche Formen lebendiger Kräfte haben die Neigung, in eine einzige, in Wärme, überzugehen."

Es folgt dann[65]) die Erklärung des mechanischen Wärme-Aequivalents.

„Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft ist zuerst von J. R. Mayer klar formuliert worden. Von Helmholtz wurde es genauer physikalisch begründet."

Es folgt dann die Anwendung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft auf die Organismen[66]). Die Pflanze wandle in großem Maße lebendige Kraft in Spannkraft um. Lebendige Kraft ist Sonnenwärme und Licht. Das Tier nimmt durch die Pflanzen Spannkräfte in sich auf, die durch Oxydation zersetzt werden. Die auftretende lebendige Kraft äußert sich in freiwerdender Wärme und in der durch das Muskelgewebe hervorgerufenen mechanischen Bewegung. Das Tier ist daher ein Organismus, der hauptsächlich chemische Spannkraft in lebendige Kräfte überführt.

„Nach der Analogie mit allen jenen Maschinen, in welchen durch chemischen Verbrauch Wärme und Bewegungskraft erzeugt wird, ist zu schließen, daß es die infolge der respiratorischen Sauerstoffaufnahme geschehende Oxydation der assimilierten Stoffe ist, aus welcher die Wärme und die bewegende Kraft entstehen, daß also im Thierkörper, ähnlich wie in der Dampfmaschine, Wärme und Bewegung durch Verbrennung erzeugt werden. Nach dem Gesetz von der Erhaltung

64) a. a. O., S. 128.
65) a. a. O., S. 129.
66) a. a. O., S. 129.

der Kraft muß bei gleichbleibender Zufuhr verbrennlicher Stoffe die freiwerdende Wärme einen ihr äquivalenten Verlust an mechanischer Arbeit oder die mechanische Arbeit einen Verlust an Wärme bedingen. Die Kraftausgabe des Thierkörpers in der Form von Wärme und mechanischer Arbeit überwiegt so sehr, daß man für die physiologischen Zwecke die anderen vernachlässigen kann. (Gemeint ist die psychische Tätigkeit sowie die Tätigkeit des Nervensystems.) Verbrauchsquellen lebendiger Kräfte sind auch die elektrischen Erscheinungen." „Endlich bleibt noch zu erwähnen, daß bei allen Thieren die inneren Vorgänge des Stoffwechsels selbst einen Aufwand an lebendiger Kraft bedingen, die theils in der Bewegung der Stoffe verloren geht, theils in der Arbeit besonderer muskulöser Organe, deren Leistungen ausschließlich zum Zwecke der Ernährung verwendet werden, wie des Herzens und des Darmkanals."[67])

Der nun folgende § 62 ist der Wärmebildung im Tierkörper gewidmet.[68])

Der Hauptverbrauch der lebendigen Kräfte sei durch Wärmeentwicklung und Muskelbildung bedingt. Diese bestimmten die Aufnahme von Stoffen. Durch Versuch sei festgestellt, daß Vermehrung der Wärmeausstrahlung und Muskeltätigkeit einen gesteigerten Verbrauch ernährender Stoffe verlangten. W u n d t verweist dabei auf die direkten Bestimmungen der Wärmemenge durch D u l o n g und D e s p r e t z.[69])

Wärme und Muskelarbeit stammen aus derselben Quelle: Aus dem Uebergang der in loserer Verbindung sich befindenden Teile des Tierkörpers in die festeren Verbindungen seiner Exkrete unter Hinzutritt des bei der Atmung aufgenommenen Sauerstoffs.[70]) Weiter unten lesen wir[71]): „bevor das Princip der Erhaltung der Kraft genügend bekannt war, und namentlich seine Folgerungen für den Kräftewechsel zwischen Pflanze und Thier genügend durchschaut waren, wurden über das Verhältnis der Wärmebildung zur Krafterzeugung im Thierkörper manchfache andere Ansichten aufgestellt, die nun sämtlich jenem Princip nicht mehr standhalten können. Am meisten Anklang unter den Hypothesen fand die Ansicht L i e b i g s,

67) a. a. O., S. 131.
68) a. a. O., S. 132.
69) Despretz: Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale. Paris 1824. Die Pariser Akademie hatte im Jahre 1822 eine Preisaufgabe über die Quelle der tierischen Wärme gestellt. Die Arbeit von Despretz wurde preisgekrönt und gedruckt.
70) a. a. O., S. 136.
71) a. a. O., S. 137 f.

der die stickstoffreien Nahrungsmittel als Respirationsmittel, die stickstoffhaltigen als plastische Nahrungsmittel bezeichnete."

Ranke[72]) (1868) widmet das erste Kapitel des Abschnitts über die Physik der Zelle dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft. Wir lesen: „Es war der größte Fortschritt der Physiologie, als sie trotz des gegentheiligen Anscheines, für welchen noch das menschliche Selbstgefühl Partei nehmen zu müssen schien, erkannte, daß auch die Kräfte des thierischen und menschlichen Organismus von dem Gesetze zur Erhaltung der Kraft keine Ausnahme mache."[73])

Wenn auch Einzelheiten der Kräfteübertragung noch nicht alle erkannt sind, so steht doch unumstößlich fest, daß die mechanische Kraftleistung der Tiere und Menschen unter Umständen zustande kommt, unter denen sie auch in der anorganischen Natur auftreten. Die tierische Wärme, die mechanische Bewegung, die Elektrizitätsentwicklung, die Ortsbewegung der Flüssigkeiten und Gase, alles physikalische Erscheinungen, die uns bisher im Organismus der Tiere bekannt geworden sind.

Der größte Anteil der vom tierischen Organismus selbst produzierten Kräfte zeigt sich als Wärme, Elektrizität und mechanische Bewegung.

Sie stammen aus einer Kräftequelle, die auch in der praktischen Mechanik benutzt werde, aus der Verbrennung, der Oxydation.

Ueber die Bedeutung der Nahrung äußert sich Ranke[74]): „Auf der einen Seite werden die aufgenommenen Stoffe zur Formbildung des Organismus verwendet, andererseits werden die mit ihnen eingeführten Spannkräfte in Leistungen mechanischer Art umgesetzt."

Hermann schreibt[75]) (1879) in dem Abschnitt über allgemeine Muskelphysiologie, daß, wie zu erwarten war, es sich bestätigt habe, daß das Prinzip der Erhaltung der Kraft auch am Muskel gelte, d. h. daß, wo unter gleichem Erregungszustand des Muskels weniger Arbeit geleistet werde, dafür um so mehr Wärme auftrete. Um die Zweifler an der Allgemeingültigkeit des Gesetzes zu überzeugen, fehle es nur, das mechanische Wärme-Aequivalent auch auf diesem Wege zu bestimmen.

72) Ranke, Johannes: Grundzüge der Physiologie des Menschen, Leipzig 1868.
73) a. a. O., 64.
74) a. a. O., S. 69.
75) Hermann, L.: Handbuch der Physiologie. Leipzig 1879, S. 168.

Diese Forderung versucht Danilewski (1880) zu erfüllen.[76]) Er bringt den Beweis, daß, wenn der sich kontrahierende Muskel einmal eine äußere nützliche Arbeit leiste, und ein anderes Mal die letztere gleich Null sei, der Wärmeüberschuß im zweiten Fall dann der im ersten Falle verrichteten Arbeit äquivalent sei.[77]) Danilewski folgert daraus, daß diese Untersuchungen einen vollständigen Beweis der Gültigkeit des Gesetzes der Erhaltung der Kraft für gewisse Verhältnisse der Muskeltätigkeit geliefert haben. Man könne diese Verhältnisse als eine Anwendung der physiologischen Methode zur Bestimmung des mechanischen Wärme-Aequivalents betrachten.[78]) Die Versuche von Danilewski stellen sich wie folgt dar: Ein Gewicht, das an einem Faden hängt, wird gehoben und fallen gelassen. Beim Fallen leistet das Gewicht Arbeit. Wenn dabei der ursprüngliche Zustand des Systems unverändert bleibt, so wird die ganze Arbeit in Wärme verwandelt. Genau so geht es bei elastischen Körpern vor sich, wo durch die innere Reibung die ganze Arbeit in Wärme verwandelt wird. Als elastischer Körper wurde ein Froschmuskel genommen und auf thermo-elektrischem Wege dabei die Temperaturveränderung gemessen. Auf die einzelnen Berechnungen soll hier nicht eingegangen werden.

In dem 1880 erschienenen Lehrbuch der Physiologie von Landois[79]) ist ebenfalls ein ganzer Abschnitt dem Gesetz von „der Constanz der Kraft" gewidmet. Landois nennt J. R. Mayer und Helmholtz als die Entdecker dieses wichtigen Gesetzes. Wir lesen[80]):

Die im Organismus wirkenden Kräfte treten in folgenden Modificationen in Erscheinung:

„Erstens als Massenbewegung (gewöhnlich Bewegung schlechthin genannt), wie an der Bewegung der Gliedmaßen und vieler Eingeweide, auch sogar mikroskopisch an Zellen wahrnehmbar."

„Zweitens als Bewegungen der Atome, als Wärme."

„Im menschlichen Organismus werden Massenbewegungen an einzelnen Organen constant in Wärme umgesetzt, wie z. B. die lebendige Kraft an den Cirkulations-Organen, die durch die Reibung in Wärme umgesetzt wird."

---

76) Danilewski: Thermo-dynamische Untersuchung des Muskels. Pflügers Arch. Bd. 21. (1880). S. 109—152.
77) a. a. O., S. 150 f.
78) a. a. O., S. 112.
79) Landois, L.: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Wien 1880.
80) a. a. O., S. 10 ff.

„Drittens als Spannkräfte erhält der Organismus viele chemische Verbindungen."

„Aus den Spannkräften vermag der Körper sowohl Wärme als auch lebendige Arbeit, und zwar letztere stets mit ersterer vereint, erstere jedoch auch für sich allein umzusetzen. Das einfachste Maß für die Spannkräfte ist das Wärmequantum, welches durch die Verbrennung der betreffenden, die Spannkräfte repräsentierenden chemischen Körper erhalten werden kann. In zweiter Linie kann dann wieder aus der gelieferten Wärmemenge die Zahl der äquivalenten Arbeitseinheiten berechnet werden."

Viertens (Elektrizität). Elektrische Erscheinungen werden an die Muskeln und Nerven herangeführt. Diese seien aber nur von minimaler Größe. Sicher sei, daß im Organismus die Kräfte nach ganz bestimmten, sich stets gleichbleibendem Maße ineinander übergeführt werden, daß niemals in demselben neue Kräfte durch sich selbst entständen, noch vorhandene ausgelöscht werden. So sei auch der Organismus die Stätte, in welcher sich das Gesetz von der Konstanz der Kraft fort und fort im Wechsel offenbare.

In einem Werk Ueber die mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskeltätigkeit[81]) sagt Adolf F i c k (1882), daß hierbei das höchste Prinzip der Naturwissenschaften, das so viel genannte, aber wenig verstandene Prinzip der Erhaltung der Energie eine ganz hervorragende Rolle spiele. Die Betrachtungen, welche anzustellen wären, seien gleichsam nur Erläuterungsbeispiele zu diesem Prinzip. Er stellt die Frage[82]), ob sich das Prinzip der Erhaltung der Energie auch quantitativ bei der Muskelaktion bewähren ließe. Es folgt dann die indirekte Bestimmung dieses durch die Wärmemessung.[83])

Bereits 1869 hatte F i c k eine Arbeit herausgegeben, „Experimenteller Beitrag zur Lehre von der Erhaltung der Kraft bei der Muskelzusammenziehung"[84]), und 1875 eine Arbeit Ueber die Wärmeentwicklung bei der Zusammenziehung des Muskels[85]), in denen er sich mit diesen Fragen beschäftigte und feststellte, daß in den Versuchen ohne äußere Arbeit mehr Wärme im Muskel frei werde als in den Versuchen mit Arbeit.

---

81) Leipzig 1882, Einleitung S. 4.
82) a. a. O., S. 149.
83) a. a. O., S. 150.
84) Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Züricher Hochschule, Wien 1869.
85) Leipzig 1875.

Die Versuche selbst gestalteten sich wie folgt[86]): 1. Muskel, der durch ein daran hängendes Gewicht gespannt ist, wird durch einen Induktionsschlag in Zuckung versetzt. Das Gewicht wird dadurch angehoben und fällt nach Ablauf der Zuckung wieder herab. Es ist damit keine mechanische Arbeit geleistet worden. Die frei gewordene Wärme ist also das Maß für den Betrag der chemischen Prozesse.

2. Derselbe Versuch, nur daß das Gewicht auf dem Gipfel der Zuckung vom Muskel getrennt wird. Der Muskel verlängert sich wieder, womit der Gesamtbetrag der chemischen Prozesse gleich ist. Hier muß aber weniger Wärme frei werden.

In Bunges „Lehrbuch der Physiologie"[87]) (1901) ist das dritte Kapitel des zweiten Bandes allein der Erhaltung der Kraft gewidmet. In einer Fußnote[88]) schreibt er: „Ohne gründliche Kenntnisse des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft ist ein erfolgreiches Studium der Medizin nicht denkbar."

Zum Schluß dieses Abschnittes möchte ich besonders noch auf Rubner und Rosenbach hinweisen, obwohl der eine sich mehr mit chemischen, der andere mit pathologischen und klinisch-therapeutischen Arbeiten befaßte.

In einem Aufsatz über die Quelle der tierischen Wärme[89]) (1894) legt Rubner klar, daß das Gesetz der Erhaltung der Kraft auch läuternd und klärend auf die Frage gewirkt habe, in welcher Weise die Energievorräte den Körper wieder verließen. Man habe früher ohne weiteres angenommen, daß die Wärme den einzigen Weg darstelle, auf welchem die aus der Respiration entwickelte Wärme den Körper wieder verlasse. Diese Annahme sei aber nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen gültig. Man könne nur hoffen, das Gesetz der Erhaltung der Kraft im Körper zu bestätigen, wenn Wärme und Arbeit gemessen wäre, oder wenn die Wärme den alleinigen Kraftverlust darstelle. Bis jetzt liege aber ein Versuch die tierische Wärme mit der Verbrennungswärme zu vergleichen, noch nicht vor. Der Vergleich der Stoffbilanz und Wärmebilanz bleibe aber ein Grundgesetz der tierischen Wärmelehre.

Das Ergebnis seiner Arbeiten legt Rubner auf S. 137 f. vor. Was der Nahrungsstoff an Energievorrat zur Zersetzung in den Körper hineinbringe, das schicke der Körper in genau

86) Adolf Fick: Gesammelte Schriften. Würzburg 1903. Bd. 2, S. 211.
87) Leipzig 1901.
88) a. a. O., S. 28.
89) Zeitschr. Biol. N. F. 12 (1894). S. 84 f.

bemessenen Quantitäten nach außen. Es gebe in diesem Haushalt kein Manko und keinen Ueberschuß. Rubner schreibt, daß das Gesetz von der Erhaltung der Kraft dieses Beweises seiner Geltung auch auf biologischem Gebiete allerdings nicht bedürfe.

In einer anderen Arbeit[90]) (1902) schreibt Rubner, daß das Gesetz von der Erhaltung der Kraft uns die Gewißheit gebe, daß wir mit unseren Methoden, d. h. der Bestimmung des Stoffwechsels zugleich erfahren könnten, wieviele Kräfte im Körper frei würden, daß wir uns also wahlweise der direkten kalorimetrischen Messung wie der chemischen Methode bedienen könnten.

In „Kraft und Stoff im Haushalt des Lebens" (1908) faßt er seine Anschauung vom Leben noch einmal kurz zusammen[91]). Wir lesen hier: „Chemiker, Physiker, Mikroskopiker und Physiologen haben ein Stück nach dem anderen vom Lebenden erobert und gezeigt, daß sie wohl imstande sind, in das Getriebe der belebten Welt einzudringen. Am längsten, kann man sagen, blieben noch die Wärmeerscheinungen und Kraftleistungen der Tiere unverständlich, bis J. R. Mayer zeigte, daß die verschiedenen Naturkräfte sich nach bestimmten Verhältnissen gegenseitig umzuwandeln vermögen und jene des Körpers ihre gemeinsame Quelle in den chemischen Spannkräften haben, die wir mit der Nahrung zuführen. Das war der letzte Stoß für die alte Lehre von der Lebenskraft.

Die Wissenschaft, welche sich bei den Organismen mit den Vorgängen der Erhaltung von Kraft und Stoff in erster Linie zu beschäftigen hat, ist die Ernährungsphysiologie. Bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts legte die Forschung sozusagen nur Gewicht auf die materiellen Vorgänge, d. h. auf die allmähliche chemische Umwandlung der Nährstoffe. Man kann ihr aber eine ganz andere Richtung der Forschung geben, man kann mit ihrer Methodik, indem man die Probleme allgemeiner faßt, in ungeahnter Weise theoretische Fragen von höchster Bedeutung in Angriff nehmen. Vor allem halte man fest: Es gibt kein Leben ohne Ernährung, d. h. ohne fortwährenden Verbrauch von Nahrungsstoffen. Dabei wird, gleichgültig ob Bakterien, Kaltblüter oder Warmblüter vorliegen, stets Wärme gebildet. Die lebende Substanz geht ohne Ernährung rasch zugrunde, nur Nahrung erhält sie intakt. Beim ausgewachsenen

90) Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung. Leipzig und Wien 1902. S. 3.
91) Chemikerztg. 78 (1908), S. 930 f.

Organismus haben wir nur diese Erhaltungspflicht durch die Nahrung. An diesem Punkte muß man mit einer anderen Auffassung der Ernährungsvorgänge beginnen. Wir lassen es uns nicht genügen, daß ernährt wird, sondern fragen: Wodurch wirkt die Nahrung? Durch ihre Materie oder die Energie? Die Entscheidung der Frage lautet: Die aus den Nahrungsstoffen durch Zerlegung frei werdende Energie ist etwas selbständig Wirksames im Organismus."

In einem Aufsatz „Zum Gedächtnis von Max Rubner"[92]) schreibt Spitta, daß es Rubners unsterbliches Verdienst sei, gelehrt zu haben, den Stoffumsatz im Organsimus vom energetischen Standpunkt aus zu betrachten. Es stehe fest, daß diese physikalisch-energetische Betrachtungsweise der Ernährung unter der Rubner allerdings etwas ganz anderes als eine bloße mechanische Umrechnung beliebiger Stoffwechselvorgänge auf Kalorienwerte verstanden wissen wolle, für die praktische Ernährungslehre von einschneidender Bedeutung geworden sei. Es ergebe sich bei seinen Untersuchungen, daß das Gesetz der Erhaltung der Energie auch bei den Vorgängen im tierischen Körper gelte. Rubners Lehre dürfe sich also ergänzend neben die von Mayer und Helmholtz aufgestellten Lehrsätze stellen.

Die Schriften von Rosenbach sind mannigfacher Art. Seine Anschauung soll hier kurz wiedergegeben werden: Im Vorwort zu „Grundlagen, Aufgaben und Grenzen der Therapie"[93]) fordert er, daß alle Mannigfaltigkeit der Formen und Bewegungen auf das Gesetz der Gravitation zurückgeführt werden müsse. „Es müssen die Personifikationen der einzelnen Aeußerungen einer und derselben Kraft, die sich uns als ebensoviele verschiedene Kräfte darstellen, fortfallen, es müssen die einzelnen Stadien der Kraftumformung als spezielle Fälle des Gesetzes der Erhaltung der Energie und nicht als Aeußerungen isolierter Kräfte betrachtet werden."

„Auch die Vorgänge in dem Molekular-Komplex, den wir lebenden Organismus nennen, sind nur dem Gesetz von der Erhaltung der Energie unterworfen."

Abschließend stellt Rosenbach die Frage, ob die Zeit noch kommen werde, in welcher man alle körperlichen Funktionen nur als Formen der Kraftübertragung betrachten werde.

---

92) Zentralbl. ges. Hygiene Bd. 27. (1932).
93) Rosenbach, Ottomar: Grundlagen, Aufgaben u. Grenzen der Therapie. Wien und Leipzig 1891. S. 10.

Wie sich die Lehre Robert Mayers auf Ferdinand Hueppes Anschauungen über das Verhältnis von Krankheitsursache und Krankheitswesen ausgewirkt hat, hat Diepgen nachgewiesen. (Siehe Literaturverzeichnis unter Diepgen.)

Zusammenfassung.

Es zeigt sich aus diesem Ueberblick, daß im Fachgebiet der Medizin, hier speziell der Physiologie, das Gesetz von der Erhaltung der Energie erst Jahre nach seiner Entdeckung und dann auch nur sehr langsam sich durchzusetzen vermochte, obwohl gerade in Mayers grundlegendem Aufsatz von 1845 die physiologischen Momente am stärksten herausgearbeitet waren. Entscheidend für die Allgemeinverbreitung des Gesetzes war die Arbeit von Helmholtz und die Erwähnung in du Bois-Reymonds großangelegtem Vorwort zur „Thierischen Elektrizität". du Bois-Reymond sah in dem Gesetz ein Kampfmittel gegen die Lehre von der Lebenskraft und hoffte, daß es der Physiologie helfen möge, ganz in den theoretischen Naturwissenschaften aufzugehen. Verwendung fand das Gesetz dann vor allem in der Erklärung der Wärme- und Kraftentwicklung im Tierkörper. Der Stoffwechsel ist die Quelle der produzierten Kräfte, die als Wärme, Elektrizität und mechanische Bewegung in Erscheinung treten. Rubner wieder weist darauf hin, daß das Gesetz klärend auf die Frage gewirkt habe, wie die Energievorräte den Körper wieder verlassen. Die Ernährungsphysiologie vor allem habe sich mit dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft zu beschäftigen. Mayers Arbeiten waren weiten und entscheidenden Kreisen nicht bekannt und erhielten erst wieder den ihnen gebührenden Raum, nachdem das Gesetz selbst sich schon allgemein durchgesetzt hatte. Dann aber wurden sie fruchtbar.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Diepgen für die freundliche Ueberlassung des Themas meinen Dank aussprechen, ferner auch allen Mitgliedern des Instituts für Geschichte der Medizin für allzeit bewiesene Hilfsbereitschaft und Unterstützung.

Literatur.

1. v. Bechterew: Die Energie des lebenden Organismus. Wiesbaden 1902.
2. Bernstein, Julius: Ueber die Kräfte der lebenden Materie. Halle 1888.
3. — Entwicklung und Standpunkt der Physiologie, Rede zur Eröffnung des neuen Physiologischen Instituts der Universität Halle am 3. 11. 1881. Halle 1881.
4. Bischoff, Th. L. W.: Festrede für Johannes Müller. München 1858.
5. du Bois-Reymond, Estelle: Zwei große Naturforscher des 19. Jahrhunderts. Ein Briefwechsel zwischen E. du Bois-Reymond und Karl Ludwig, herausgegeben von Estelle du Bois-Reymond. Vorwort, Anmerkungen und Register von Paul Diepgen. Leipzig 1927.
6. du Bois-Reymond, Emil: Untersuchungen über thierische Elektrizität. Berlin 1848.
7. Bräunig, Carl: Mechanismus und Vitalismus in der Biologie des 19. Jahrhunderts. Leipzig 1907.
8. Budge, Julius: Lehrbuch der speziellen Physiologie des Menschen. Leipzig 1862.
9. — Unsere Kenntnisse in der Nervenphysiologie. Hannoversche Ann. ges. Heilk. 6 (1846), S. 279—340.
10. Büchner, Ludwig: Am Sterbelager des Jahrhunderts. Gießen 1898.
11. Canstatts Jber. 1845. Erlangen 1846
12. Danilewski: Thermo-dynamische Untersuchungen des Muskels. In Pflügers Arch. Bd. 21 (1880), S. 109—152.
13. Despretz: Recherches expérimentales sur les causes de la chaleur animale. Paris 1824.
14. Diepgen, Paul: Krankheitswesen und Krankheitsursache in der spekulativen Pathologie des 19. Jahrhunderts. Arch. Gesch. Med., Bd 18 (1926), S. 302—324.
15. Fick, Adolf: Ueber thierische Wärme. Henle und Pfeufer, Zeitschr. rationelle Med., N. F., Bd. 5 (1854), S. 148—179.
16. — Experimenteller Beitrag zur Lehre von der Erhaltung der Kraft bei der Muskelzusammenziehung. Wien 1869.
17. — Ueber die Wärmeentwicklung bei der Zusammenziehung des Muskels. Leipzig 1875.
18. — Ueber die mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskeltätigkeit. Leipzig 1882.
19. Gigon, Alfred: Aus der Geschichte der Respiration und Ernährung. In: Döderlein, Hildebrand u. a. Sammlung klinischer Vorträge. Innere Medizin Nr. 211. Leipzig 1912.
20. Heidenhain: Ueber mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskeltätigkeit. Leipzig 1864.

21. Hell, Bernhard: Robert Mayer und das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Stuttgart 1925.
22. Helmholtz, H. v.: Die Erhaltung der Kraft. Berlin 1847.
23. — Das Denken in der Medizin. Berlin 1877.
24. — Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik. In: Helmholtz, H. v. Vorträge und Reden. 4. Auflage. Braunschweig 1896. Bd. 1. S. 49—83.
25. Hermann, L.: Handbuch der Physiologie. Leipzig 1879.
26. Honigmann, G.: Das Wesen der Heilkunde. Leipzig 1924.
27. Kehrer, Friedrich: Das Blut in seinen krankhaften Verhältnissen. Gießen 1853.
28. Kern, Georg: Die Heilkunde im neunzehnten Jahrhundert. Berlin 1899.
29 Klemperer, Georg: Justus v. Liebig und die Medizin. Berlin 1900.
30. Landois, L.: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Wien 1880.
31. Liebig, Justus v.: Chemische Briefe. 4. Auflage. Leipzig und Heidelberg 1859.
32. Lippelmann, Paul: Das Gesetz von der Erhaltung der Energie und die verschiedenen Auffassungen von der Wechselbeziehung zwischen Leib und Seele. Philos. Jb. Görresges. Bd. 37 (1924), Seite 28—56.
33. v. Lippmann, E. O.: Zum hundertjährigen Geburtstage Robert Mayers. Chemikerztg. Nr. 30 (1914).
34. Lotze, Rudolf Hermann: Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens. Leipzig 1851.
35. Ludwig, Carl: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 1. Heidelberg 1852. Bd. 2. Leipzig und Heidelberg 1856.
36 Mayer, Robert: Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. Ann. Chem. Pharmazie. 1842. S. 233—242.
37 — Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel. Heilbronn 1845.
38. Matschoss, Conrad: Julius Robert Mayer. Deutsches Museum 1939, Nr. 4. S. 1—18.
39. Meissner, W.: Die wissenschaftlichen Leistungen Robert Mayers. Deutsches Museum 1939, Nr. 4. S. 19—25.
40. Mittasch, A.: Auslösungskausalität: ein vergessenes Kapitel Robert Mayer? Umschau 43 (1939), S. 1114—1116.
41. — Julius Robert Mayers Kausalbegriff. Berlin 1940.
42. — Robert Mayers Lehre über das Wirken in der Natur. Forsch. u. Fortschr. Bd. 16 (1940), S. 178—180.
43. Moleschott, Jacob: Der Kreislauf des Lebens. Mainz 1852.
44. Müller, Johannes: Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 1 und 2. Koblenz 1834 und 1840.
45. Ostwald, W.: Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig 1895.
46. Rosenbach, O.: Grundlagen, Aufgaben und Grenzen der Therapie. Wien und Leipzig 1891.
47. Rubner, Max: Die Quelle der tierischen Wärme. Zeitschr. Biol. N. F. 12, (1894), S. 73—142.
48. — Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung. Wien 1902.
49 — Kraft und Stoff im Haushalt des Lebens. Chemikerztg. 78 (1908).

50. Ranke, Johannes: Grundzüge der Physiologie des Menschen. Leipzig 1868.
51. Sarton, G.: The discovery of the law of conservation of energy. Bruges 1929.
52. Schlossberger: Die Lehre von den Beziehungen des Athmens zur Blutumwandlung. Roser und Wunderlich. Arch. physiol. Heilk. Jg. 5 (1846), S. 261—279.
53. Spitta: Zum Gedächtnis von Max Rubner. Zentralbl. ges. Hygiene. Bd. 27 (1932).
54. Thöle, Fr.: Das vitalistisch-teleologische Denken in der heutigen Medizin. Stuttgart 1909.
55. Valentin, Gabriel: Grundriß der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1846.
56. Vierordt, Karl: Standpunkt und Aufgabe der Physiologie. Roser und Wunderlichs. Arch. physiol. Heilk. Jg. 8 (1849), S. 297—316.
57. — Grundriß der Physiologie des Menschen. Tübingen 1861.
58. Voit, Carl: Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel. Ein Beitrag zur Feststellung des Prinzips der Erhaltung der Kraft in den Organismen. München 1860.
59. Vogt, Karl: Physiologische Briefe. Stuttgart 1845.
60. Weyrauch, J. J.: Die Mechanik der Wärme. 3. Auflage. Stuttgart 1893.
61. — Kleinere Schriften und Briefe. 3. Auflage. Stuttgart 1893.
62. Wagner, Rudolph: Ueber das Verhältnis der Physiologie zu den physikalischen Wissenschaften. Rede bei Eröffnung des Physiologischen Instituts zu Göttingen. Göttingen 1842.
63. — Handbuch der Physiologie. Bd. 4. Braunschweig 1853.
64. Wundt, Wilhelm: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Erlangen 1865.
65. Wundt, Wilhelm: Handbuch der medizinischen Physik. Erlangen 1867.

Lebenslauf.

Am 15. März 1915 wurde ich in Berlin als Sohn des Buchdruckers Bruno C i e r p k a und seiner Ehefrau Elise geb. Ludwig geboren. Nach vierjährigem Besuch der Grundschule kam ich mit 10 Jahren auf das Königstädtische Realgymnasium zu Berlin, das ich Ostern 1934 mit dem Abiturium verließ. Ich ging dann ein halbes Jahr zum Arbeitsdienst, um danach an der Universität Berlin Medizin zu studieren. Nach 10 Semestern begann ich das Staatsexamen und wurde am 7. September 1939 notapprobiert. Am 2. Dezember 1939 wurde ich zum Militär eingezogen und konnte hier während eines Urlaubs im März 1940 das Rigorosum beenden. Zur Zeit bin ich als Unterarzt in einem Lazarett tätig.

R u d o l f C i e r p k a.